



Следовательно, масса выделившегося флогистона равна -17143 г.

б) Опроверг теорию флогистона Антуан Лоран Лавуазье. Горение веществ по Лавуазье заключается во взаимодействии с кислородом воздуха, за счет чего масса продукта реакции больше массы исходного вещества.

Похожие опыты проводил Михаил Васильевич Ломоносов.

### Критерии оценивания:

- 1) Ответ, что больше флогистона в угле – 1 балл. Объяснение - 1 балл.
- 2) Каждая реакция – по 2 балла (всего 8 баллов).
- 3) Объяснение того, что в угле больше флогистона – 2 балла.
- 4) Догадка об отрицательной массе флогистона – 2 балла.
- 5) Расчет массы реагирующего железа – 2 балла. Расчет массы присоединенного кислорода – 1 балл. Масса флогистона – 1 балл.
- б) Фамилия ученого(любого из указанных в решении) – 1 балл. Объяснение – 1 балл.

**Итого: 20 баллов**

### Задача №2

В двух прочных запаянных ампулах находится по 1,000 г веществ К, L. Каждую из них выдерживали в течении нескольких часов при 600°C. При этой температуре в ампулах присутствовали только газы. После охлаждения ампул до 55°C, в каждой их ампул было замечено образование капель жидкости. В таблице ниже представлены некоторые данные по проведенным экспериментам:

	600°C		55°C			
	D <sub>H2</sub> (смеси)	Число газов в смеси	D <sub>H2</sub> (смеси)	Число газов в смеси	m(жид-ти), г	ρ(жид-ти), г/мл
<b>К</b>	10,667	2	14	1	0,5625	1,00
<b>L</b>	40,575	3	20,667	2	0,6185	13,54

- 1) Определите вещества **К**, **L**. Ответ подтвердите расчётом. (При расчётах молярные массы атомов необходимо округлять до целых).
- 2) Напишите уравнения реакций разложения исследуемых веществ.

Решение:

#### 1) Вывод вещества К:

Так как ρ(жид-ти) = 1,00 г/мл, сл-но – эта жидкость представляет собой воду.

После охлаждения ампулы оставшийся газ представляет собой индивидуальное соединение:

$M(\Gamma) = 14 \times 2 = 28$  г/моль, что может соответствовать азоту или угарный газ.

$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 0,5625/18 = 0,03125$  моль;  $\nu(\Gamma) = (1-0,5625)/28 = 0,015625$  моль

$\nu(\text{H}_2\text{O}) : \nu(\Gamma) = 2 : 1$ , тогда

**К** → 2H<sub>2</sub>O + Γ, если газ – N<sub>2</sub>, то соединение **К** – NH<sub>4</sub>NO<sub>2</sub> (нитрит аммония)

Уравнение реакции: NH<sub>4</sub>NO<sub>2</sub> → N<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O

Вывод о том что жидкость – вода	2 балла
Расчёт M(газа)	2 балла
Вывод соли К	4 балла
Уравнение реакции (без правильных коэффициентов)	2 балла (1 балл)
<b>Итого за вывод соли К</b>	<b>10 баллов</b>

#### 2) Вывод вещества L:

$M(\text{смеси}, 600^\circ\text{C}) = 40,575 \times 2 = 81,15$  г/моль

$M(\text{смеси}, \text{комн. т-ра}) = 20,667 \times 2 = 41,334$  г/моль

Резкое уменьшение плотности газовой смеси и высокая плотность жидкости позволяет сделать вывод, что жидкость – это ртуть, следовательно, произошло разложение соли ртути. Тогда один из газов скорее всего кислород.

Схема реакции:

Hg... → Hg

Тогда,  $M(\text{соли}) = 1,000 \times M(\text{Hg})/m(\text{Hg}) = 1 \times 201/0,6185 = 325$  г/моль

$M(\text{кисл. остатка}) = 325 - 201 = 124$  г/моль.

Разлагается с образованием только смеси газов – оксалат, нитрат или карбонат.

Тогда, **L** –  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  (нитрат ртути (II)).

Уравнение реакции:  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Hg} + 2\text{NO}_2 + \text{O}_2$

Вывод о том что жидкость – ртуть	4 балла
Вывод соли L (за расчёт M(соли))	4 балла (2 балла)
Уравнение реакции (без правильных коэффициентов)	2 балла (1 балл)
<b>Итого за вывод соли L</b>	<b>10 баллов</b>

**Итого 20 баллов**

### Задача №3

Стержни различных карандашей изготавливают из веществ **A** и **Г**. Эти вещества образуются при разложении (со взрывом) бинарного вещества **Ж** в инертной атмосфере. Массовая доля одного из элементов в **Ж** составляет 10,0%. Рисунки, сделанные карандашом со стержнем, изготовленным из вещества **A**, со временем приобретают коричневый оттенок.

При взаимодействии вещества **A** с концентрированной азотной кислотой образуются вещество **Б**, применявшееся раньше для дезинфекции ран, и газ **В**. Вещество **Б** взаимодействует с раствором гидроксида натрия, при этом образуется соль **С<sub>1</sub>** и окрашенный осадок **Д**, который разлагается при 300°C на вещество **A** и газ **Е**.

При взаимодействии вещества **Г** с концентрированной азотной кислотой образуется смесь газов **В** и **З**. Если пропускать эту смесь через избыток раствора гидроксида натрия, то образуются соли **С<sub>1</sub>**, **С<sub>2</sub>** и **С<sub>3</sub>**. Если смесь газов **В** и **З** смешать с стехиометрическим количеством газа **Е**, то при пропускании этой смеси через избыток раствора щелочи образуются **С<sub>1</sub>** и **С<sub>2</sub>**.

Так же известно, что при взаимодействии растворов веществ **Б** и **С<sub>2</sub>** образуются **С<sub>1</sub>** и светло-желтый осадок соли **С<sub>4</sub>**.

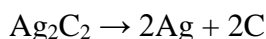
1. Определите формулы вещества **A**, **Г** и **Ж**. Ответ подтвердите расчетом.
2. Объясните, почему рисунки, выполненные карандашами со стержнем из вещества **A**, со временем меняют цвет.
3. Определите формулы остальных веществ.
4. Напишите уравнения всех упомянутых в тексте задачи реакций. Учтите, что во всех упомянутых реакциях **может** участвовать или образовываться вода.

### Решение:

1) Разумно предположить, что один из материалов грифеля карандаша уголь. Тогда можно рассчитать состав вещества **Ж**. Скорее всего приведенная массовая доля – это массовая доля углерода, как достаточно легкого элемента. Состав вещества **Ж** можно представить формулой  $\text{C}_x\text{Э}_y$ . Рассмотрим, вариант, когда в формулярной единице вещества один атом углерода, т.е. состава вещества выражается формулой  $\text{CЭ}_y$ , тогда молярная масса вещества равна:

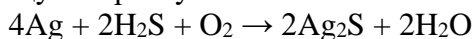
$$M(\text{CЭ}_y) = \frac{M(\text{C})}{\omega(\text{C})} = \frac{12 \text{ г/моль}}{0,1} = 120 \text{ г/моль}$$

Тогда молярная масса «у» атомов элемента составляет 108 г/моль. Несложно заметить, что это соответствует одному атому серебра. Тогда формулярная единица вещества **Ж** –  $\text{AgC}$ , что отвечает ацетилениду серебра  $\text{Ag}_2\text{C}_2$ . Ацетиленид серебра разлагается при нагревании на серебро и углерод (если проводить реакцию не в инертной атмосфере, то будут образовываться их оксиды):



Так как с рисунками, выполненными угольным карандашом, со временем ничего не происходит, то можно сделать вывод, что вещество **Г** – уголь (графит), тогда вещество **A** – серебро.

2) Рисунки выполненные серебряным карандашом приобретают коричневую окраску со временем, т.к. серебро реагирует с сероводородом, всегда присутствующим в воздухе даже в небольших концентрациях, в присутствии кислорода, и образующийся устойчивый сульфид серебра обуславливает возникающую окраску:



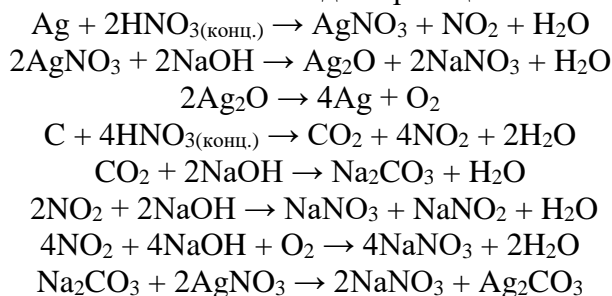
3) При взаимодействии серебра с концентрированной азотной кислотой образуются нитрат серебра  $\text{AgNO}_3$  (**Б**) и оксид азота (IV) (газ **В**). Нитрат серебра взаимодействует с раствором гидроксида натрия, при этом образуется нитрат натрия (соль **С<sub>1</sub>**) и осадок оксида серебра  $\text{Ag}_2\text{O}$  (**Д**). Оксид серебра разлагается на серебро и кислород  $\text{O}_2$  (газ **Е**).

При взаимодействии угля с концентрированной азотной кислотой образуются оксид азота (IV) (газ **В**) и углекислый газ (газ **З**). При пропускании этой смеси через раствор гидроксида натрия в обоих случаях образуется карбонат натрия. Оксид азота (IV) при взаимодействии с щелочью диспропорционирует на нитрат натрия и нитрит натрия, а в присутствии кислорода азот окисляется до степени окисления +5, поэтому образуется только нитрат натрия (соль **С<sub>1</sub>**). Следовательно, соль **С<sub>2</sub>** – карбонат натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , а соль **С<sub>3</sub>** – нитрит натрия  $\text{NaNO}_2$ .

При смешивании растворов нитрата серебра (**Б**) и карбоната натрия (**С<sub>2</sub>**) образуются нитрат натрия (**С<sub>1</sub>**) и осадок карбоната серебра (**С<sub>4</sub>**). Итого:

<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>	<b>Д</b>	<b>Е</b>
Ag	$\text{AgNO}_3$	$\text{NO}_2$	<b>С</b>	$\text{Ag}_2\text{O}$	$\text{O}_2$
<b>Ж</b>	<b>З</b>	<b>С<sub>1</sub></b>	<b>С<sub>2</sub></b>	<b>С<sub>3</sub></b>	<b>С<sub>4</sub></b>
$\text{Ag}_2\text{C}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{NaNO}_3$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{NaNO}_2$	$\text{Ag}_2\text{CO}_3$

4) Уравнения остальных описанных в тексте задачи реакций:



#### Критерии оценивания:

1) Любой разумный вывод формулы вещества **Ж** – 2 балла (1 балл, если написано, что формула **Ж** -  $\text{Ag}_2\text{C}_2$ ). Уравнение разложения вещества **Ж** – 1 балл.

2) Объяснение факта изменения окраски рисунка, сделанного серебряным карандашом – 1 балл. Уравнение реакции серебра с сероводородом и кислородом – 1 балл.

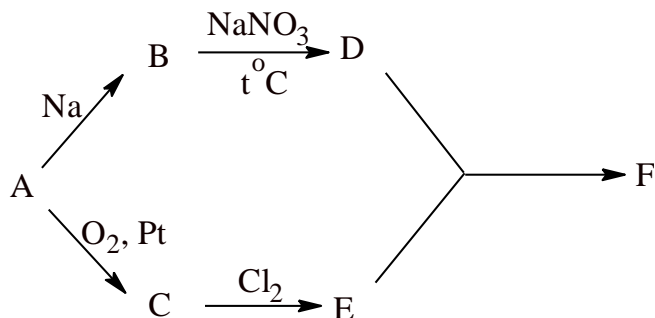
3) Определение остальных веществ – по 1 баллу (всего 11 баллов).

4) Написание остальных реакций – по 0,5 балла (всего 4 балла).

**Итого: 20 баллов**

#### Задача №4

Необычное бинарное соединение **Ф** было выделено в твёрдом виде только в 1993 году. Данное вещество образуется при взаимодействии твёрдого бинарного вещества **Д** ( $\omega(\text{Na}) = 35,38\%$ ) и газообразного вещества **Е**. Схема синтеза **Ф** из вещества **А** ( $\rho_{\text{н.у.}} = 0,759 \text{ г/л}$ ), объёмы производства которого достигают двухсот млн. тонн, приведена на схеме ниже:



- 1) Определите все зашифрованные вещества. Для веществ **A** и **D** приведите необходимый расчёт.
- 2) Напишите уравнения реакций (5 реакций).
- 3) Как называется вещество **F**.
- 4) Приведите структурную формулу вещества **F**.

**Решение:**

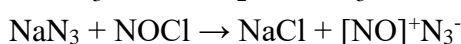
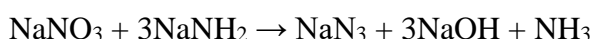
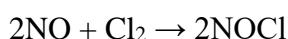
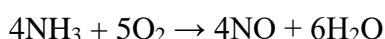
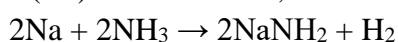
1-2) Уравнения реакций и вещества:

A	B	C	D	E	F
$\text{NH}_3$	$\text{NaNH}_2$	$\text{NO}$	$\text{NaN}_3$	$\text{NOCl}$	$\text{NON}_3 (\text{N}_4\text{O})$

Проверка:

$$M(\text{A}) = 0,759 \times 22,4 = 17 \text{ г/моль}$$

$$\omega(\text{Na})_{\text{D}} = 23/65 = 35,38\%$$



3) Нитрозилазид



**Система оценивания:**

За каждое уравнение – 1 балл

(без верных коэффициентов – 0,5 балла)

За каждое вещество **A – F** – 2 балла

(если **A** и **D** не подтверждены расчётом, за эти два вещества – 0 баллов)

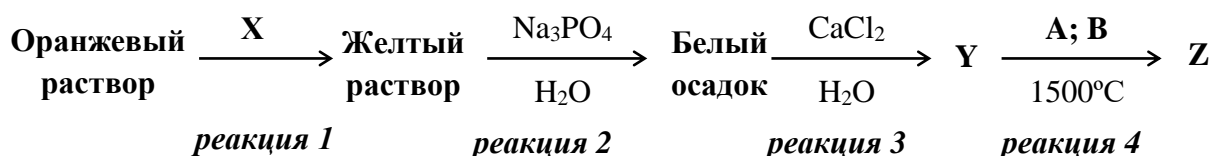
Название – 1 балл

Структура – 2 балла

**Итого: 20 баллов**

**Задача №5**

Ниже представлена схема превращений:



Известно, что:

- 1) Если к исходному оранжевому раствору добавить концентрированную соляную кислоту, то окраска изменится на красную (**реакция 5**).
- 2) При нагревании вещества **X** в инертной атмосфере масса вещества сначала уменьшается на 42,86%, а при дальнейшем прокаливании остатка ещё на 37,50%.
- 3) **Z** – желтоватое воскообразное ядовитое вещество, хранящееся под слоем очищенной воды.

- 4) Если расплавить обезвоженный белый осадок, полученный в ходе реакции 2, и пропускать через расплав постоянный электрический ток, то образуется металл **C**, ещё одно простое вещество и одно сложное (*реакция 6*).
- 5) Одним из возможных продуктов взаимодействия металла **C** с веществом **Z**, является вещество **D** немолекулярного строения (массовая доля металла в **D** равна 18,42%).

Выполните следующее задание:

- 1) Определите вещества **X**, **Y**, **Z**, **A** – **D**, и каким веществом является белый осадок. Запишите их формулы. Какое вещество содержится в исходном оранжевом растворе?
- 2) Напишите уравнения реакций №2, №3, №4, №6. Объясните изменение окраски раствора в ходе реакций №1 и №5.
- 3) Объясните, почему протекает реакция №3.
- 4) Изобразите структуру вещества **D**.

### Решение:

1) Так как окраска желтого раствора меняется на оранжевую при добавлении вещества **X**, то можно предположить, что оранжевый раствор – это раствор, содержащий дихромат-анионы. Это предположение противоречит факту, что при добавлении концентрированной соляной кислоты окраска меняется на красную (для катионов  $\text{Cr}^{3+}$ , которые должны были образоваться, характерна другая окраска раствора). Поэтому в исходном оранжевом растворе содержится другое вещество. Судя по изменениям цветов, под это описание подходит метилоранж, тогда **X** – вещество, являющееся щелочью, или вещество, взаимодействующее с раствором с образованием щелочи. Найдем, что собой представляет вещество **X**. Для этого проанализируем конец цепочки превращений. Веществом **Z**, судя по описанию, может быть белый фосфор, особенно, если учесть, что на предыдущих стадиях участвуют ортофосфат натрия и хлорид кальция. Реакция 4, судя по всему, это реакция получения белого фосфора при спекании ортофосфата кальция, оксида кремния (IV) и угля. Тогда, **Y** – ортофосфат кальция, **A** и **B** – это оксид кремния (IV) и уголь (или наоборот). Тогда белый осадок - это нерастворимая соль ортофосфорной кислоты. С учетом того, что **X** является щелочью или взаимодействует с водой с образованием щелочи, то разумно предположить, что **X** – растворимое основание, разлагающееся при нагревании на оксид и воду, чем обусловлено одно из изменений масс при нагревании. Необходимо проанализировать изменение масс гидроксида лития (единственный гидроксид щелочного металла, который подвергается разложению на оксид и воду), гидроксида таллия (I), гидроксида кальция, стронция и бария при разложении на оксид и воду:

Гидроксид	LiOH	TiOH	Ca(OH) <sub>2</sub>	Sr(OH) <sub>2</sub>	Ba(OH) <sub>2</sub>
Отношение массы воды к массе гидроксида	0,375	0,044	0,243	0,148	0,105

Таким образом, второму изменению массу вещества **X** при нагревании соответствует разложение гидроксида лития на оксид лития и воду. Поймем, почему меняется масса в начале процесса нагревания вещества **X**. Пусть при нагревании **X** образовался 1 моль гидроксида лития. Тогда его масса равна

24 г, и это составляет 57,14% (100% – 42,86%) от массы вещества **X**.

Значит, масса **X** равна:

$$m(\text{X}) = m(\text{LiOH}) : 0,5714 = 24 \text{ г} : 0,5714 = 42 \text{ г}$$

Несложно заметить, что разница масс (42 г – 24 г = 18 г) соответствует одному моль воды, тогда **X** – это моногидрат гидроксида лития  $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ , добавление которого к раствору метилоранжа обуславливает изменение окраски раствора.

Тогда, белый осадок – это ортофосфат лития  $\text{Li}_3\text{PO}_4$ , продуктами электролиза расплава которого являются литий (металл **C**), оксид фосфора (V) и кислород.

При взаимодействии лития (**C**) с фосфором (**Z**) возможно образование ряда фосфидов лития. Рассчитаем состав фосфида  $\text{Li}_x\text{P}_y$ , образующегося в нашем случае. Пусть масса фосфида равна 100 г, тогда:

$$m(\text{Li}) = m(\text{Li}_x\text{P}_y) \cdot \omega(\text{Li}) = 100 \text{ г} \cdot 0,1842 = 18,42 \text{ г}$$

$$m(\text{P}) = m(\text{Li}_x\text{P}_y) - m(\text{Li}) = 100 \text{ г} - 18,42 \text{ г} = 81,58 \text{ г}$$

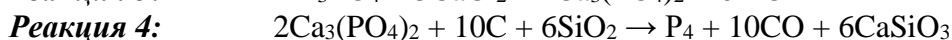
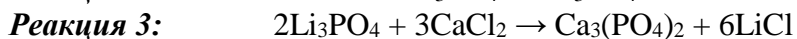
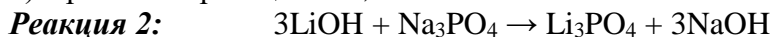
$$n(\text{Li}) = m(\text{Li}) : M(\text{Li}) = 18,42 \text{ г} : 7 \text{ г/моль} \approx 2,631 \text{ моль}$$

$$n(\text{P}) = m(\text{P}) : M(\text{P}) = 81,58 \text{ г} : 31 \text{ г/моль} \approx 2,631 \text{ моль}$$

Следовательно, соотношение количества атомов лития и фосфора равно 1:1, т.е. формула фосфида лития – LiP (вещество **D**). Итого:

A	B	C	D	X	Y	Z	Белый осадок
C	SiO <sub>2</sub>	Li	LiP	LiOH·H <sub>2</sub> O	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	Li <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>

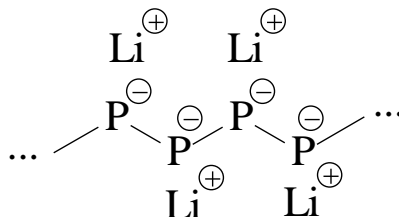
2) Уравнения реакций 2-4, 6:



Изменение окраски метилоранжа в ходе реакции 1 и реакции 5 связано с изменением среды раствора.

3) Реакция 3 протекает в водном растворе, т.к. ортофосфат лития обратимо растворяется, как и любое нерастворимое вещество. Переходящие в раствор ортофосфат-анионы связываются катионами кальция в ортофосфат кальция, который выпадает в осадок. Равновесия смещены в сторону образования ортофосфата кальция, т.к. его растворимость ниже.

4) Структура фосфида лития LiP следующая:



### Критерии оценивания:

1) Любой разумный вывод формулы вещества **X** – 4 балла (2 балла за вывод формулы гидроксида лития, 2 балла за вывод формулы гидрата лития). Расчет формулы вещества **D** – 1 балл. Определение остальных веществ – по 1 баллу. Всего – 11 баллов.

2) Уравнения реакций и объяснение изменения окраски раствора – по 1 баллу. Всего – 5 баллов.

3) Объяснение причины протекания реакции 3 – 2 балла.

4) Структура вещества **D** – 2 балла.

**Итого: 20 баллов**

### Задача №6

Элемент **W** образует три бинарных соединения **A**<sub>1</sub>, **A**<sub>2</sub>, **A**<sub>3</sub>, имеющих одинаковый стехиометрический состав. Данные вещества имеют широкое применение, например, **A**<sub>1</sub> используется в качестве мягкого восстановителя, **A**<sub>2</sub> и **A**<sub>3</sub> применяются в качестве полупроводников. Однако, прямым взаимодействием получить вещества **A**<sub>1</sub>-**A**<sub>3</sub> достаточно сложно, так как образуются побочные продукты - соединения **B**<sub>1</sub>, **B**<sub>2</sub>, **B**<sub>3</sub>. Для синтеза соединений **A**<sub>1</sub>-**A**<sub>3</sub> используют белые кристаллы вещества **K**.

10,000 г вещества **K** аккуратно растворили в 200 мл воды. Образовавшийся раствор разделили на три равные части. К первой части добавили раствор аммиака до pH = 10 (реакция 1). Выпавший осадок отфильтровали и прокалили в атмосфере аргона (реакция 2). При этом получили 1,991 г вещества **A**<sub>1</sub>. К второй части раствора добавили раствор, содержащий 1,05-кратный избыток сульфида натрия (реакция 3). При этом получили 2,227 г вещества **A**<sub>2</sub>. К третьей части раствора добавили 100 мл раствора гидразина N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> и 1,167 г простого вещества

**L** (реакция 4). В результате получили 2,920 г вещества **A<sub>3</sub>**. Во всех случаях, при добавлении нитрата серебра к фильтрату наблюдалось выпадение белого творожистого осадка.

1) Определите элемент **W**, рассчитайте состав веществ **K**, **A<sub>1</sub>**, **A<sub>2</sub>**, **A<sub>3</sub>** и определите простое вещество **L**. (При расчётах молярные массы атомов необходимо округлять до целых).

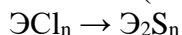
2) Напишите уравнения реакций 1-4.

3) Определите соединения **B<sub>1</sub>**-**B<sub>3</sub>** и напишите уравнения реакций их получения взаимодействием соответствующих простых.

### Решение

Т.к. при добавлении к фильтрату нитрата серебра наблюдалось выпадение белого творожистого осадка, то соль **K** – это хлорид.

Тогда можно составить следующую схему синтеза:



Так как исходный раствор разделили на три равные части, то

$v(\text{Э}_2\text{O}_n) = v(\text{Э}_2\text{S}_n)$ , тогда

$$\frac{1,99}{2X + 16n} = \frac{2,226}{2X + 32n} \Rightarrow X = 59,46n$$

При  $n = 2$ ,  $X = 119$  г/моль, что соответствует олову (Sn)

Тогда, **A<sub>1</sub>** – **SnO**, **A<sub>2</sub>** – **SnS**

**A<sub>3</sub>** – **SnL**,  $M(\text{SnL}) = 2,92 \times 135 / 1,99 = 198$  г/моль, **M(L) = 79 г/моль – Se**

**A<sub>3</sub>** – **SnSe**

$$M(\text{K}) = \frac{10 \times 135}{3 \times 1,99} = 226 \text{ г/моль}$$

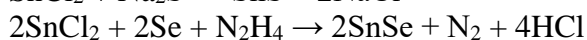
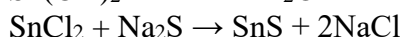
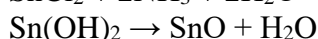
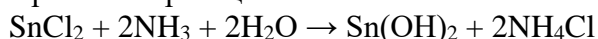
Если **K** – хлорид олова (II),  $M(\text{SnCl}_2) = 119 + 71 = 190$  г/моль.

Тогда  $M(\text{остатка в K}) = 226 - 190 = 36$  г/моль, что соответствует 2 молекулам воды, следовательно **K** – **SnCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O**

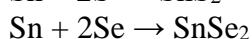
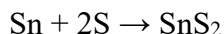
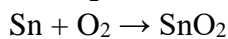
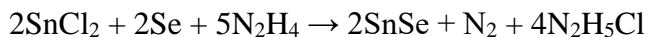
Тогда **B<sub>1</sub>** – **SnO<sub>2</sub>**, **B<sub>2</sub>** – **SnS<sub>2</sub>**, **B<sub>3</sub>** – **SnSe<sub>2</sub>**

<b>W</b>	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>L</b>	<b>K</b>	<b>B<sub>1</sub></b>	<b>B<sub>2</sub></b>	<b>B<sub>3</sub></b>
<b>Sn</b>	<b>SnO</b>	<b>SnS</b>	<b>SnSe</b>	<b>Se</b>	<b>SnCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O</b>	<b>SnO<sub>2</sub></b>	<b>SnS<sub>2</sub></b>	<b>SnSe<sub>2</sub></b>

Уравнения реакций:



ИЛИ



Система оценивания:

Расчёт элемента X, вещества L и веществ A <sub>1</sub> – A <sub>3</sub> по 2 балла	10 баллов
Расчёт вещества K	3 балла
Вещества B <sub>1</sub> – B <sub>3</sub> по 0,5 балла	1,5 балла
Реакции 1-4 по 1 баллу	4 балла
Реакции получения B <sub>1</sub> – B <sub>3</sub> по 0,5 балла	1,5 балла

**Итого: 20 баллов**